

ВОЛНОВОДНЫЙ СВЧ – ПЛАЗМАТРОН КАК СРЕДСТВО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Демченко П.В., Шиян В.П.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Шиян В.П., к. ф.-м. н., доцент кафедры физических методов и приборов

На сегодняшний день Россия является самой богатой страной в мире по запасу природных ресурсов. Важнейшая проблема на сегодняшний день является эффективность использования природного газа с помощью глубокой переработкой.

На данный момент основными методами переработки являются каталитический и высокотемпературный способ конверсии.

Высокотемпературную конверсия происходит при отсутствии катализатора при температуре от 1350...1450 °С и давлениях до 30–35 кгс/см² или 3–3,5 Мн./м², при этом происходит почти полное окисление метана и других углеводородов кислородом до СО и Н₂. Преимущество этого метода – отсутствие катализатора и несложное аппаратное оформление, недостаток – повышенный расход кислорода.

Каталитическая конверсия природного газа в настоящее время стало основным методом получения водорода и синтез газа для ведущих отраслей народного хозяйства. Наиболее крупными потребителями водорода и его смесей с окисью углерода или азотом являются нефтеперерабатывающая (гидрогенизационные процессы), химическая и нефтехимическая (процессы гидрирования, синтез метанола, бутанола, высших спиртов, аммиака, карбамида, искусственных топлив, пластмасс, синтетических волокон и т.д.), пищевая, энергетическая, металлургическая и другие отрасли промышленности. Промышленными методами получения водорода и его смесей конверсией природного газа являются процессы паровой, паровоздушной и парокислородной с последующей конверсией окиси углерода.

На современном этапе развития науки и техники для производства собственно водорода (технического) считается более перспективным и прогрессивным процесс паровой конверсии под давлением, осуществляемый при высоких температурах (1200-1300 °С) и высоких давлениях 40-100 МПа в реакторах, заполненных никелевым катализатором. В нефтехимии и азотной промышленности наибольшее распространение получил двухступенчатый авто термический каталитический процесс конверсии природного газа смесью водяного

пара и кислорода или обогащенного кислородом воздуха при давлении порядка 40-60 МПа, осуществляемый в первой стадии в трубчатых печах и до конверсий в реакторах шахтного типа. Одним из лучших катализаторов считается никелевый с различными примесями.

Одно из направлений глубокой переработки природного газа является использование плазмы СВЧ разряда. Плазма – частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. Не всякую систему заряженных частиц можно назвать плазмой. Плазма обычно разделяется на идеальную и неидеальную, низкотемпературную и высокотемпературную, равновесную и неравновесную, при этом довольно часто холодная плазма бывает неравновесной, а горячая равновесной.

Плазму делят на низкотемпературную (температура меньше миллиона К) и высокотемпературную (температура миллион К и выше). Такое деление обусловлено важностью высокотемпературной плазмы в проблеме осуществления управляемого термоядерного синтеза. Разные вещества переходят в состояние плазмы при разной температуре, что объясняется строением внешних электронных оболочек атомов вещества: чем легче атом отдает электрон, тем ниже температура перехода в плазменное состояние. В неравновесной плазме электронная температура существенно превышает температуру ионов.

В отличие от основных методов конверсии газа использование плазмы СВЧ разряда позволяет перерабатывать углеводородное сырье при атмосферном давлении. Основой предложенной технологии является совмещенные воздействия на природный газ катализатора и плазмы СВЧ разряда. Основным элементом установки, реализующей данную технологию, является плазмотрон с аксиальной системой инициирования разряда, выполненной в виде газового разрядника. В настоящей работе рассматривается СВЧ плазмотрон волноводного типа на основе волноводно – коаксиального перехода (в.к.п.).

СВЧ плазматрон

Данный СВЧ плазмотрон (рис. 1) представляет собой волноводно-коаксиальный переход – 1, состоящий из прямоугольного волновода – 2 и коаксиальной линии – 3 с полым внутренним проводником – 4 и внешним проводником – 5, образующим разрядную камеру. Данный волноводно-коаксиальный переход является переходом «пуговичного» типа. Выбор «пуговичного» типа обусловлен тем, что данная конструкция зонда обеспечивает максимальную широкополосность

(около 20 % при коэффициенте бегущей волны не менее 0,95) и электропрочность [3]. Волновод – 2 снабжен запредельным волноводом круглого сечения – 7, который одновременно служит трубопроводом для подачи плазмообразующего газа и предотвращает выход СВЧ-излучения наружу. В выходном конце волновода – 1 установлен подвижный коротко замыкающий поршень – 8 для подстройки оптимального режима плазмотрона. Волновод – 1 сечением $90 \times 45 \text{ мм}^2$ выполнен из нержавеющей стали. Внутренний проводник – 4 коаксиальной линии – 3 диаметром 16 мм и внешний проводник – 5 с внутренним диаметром 40 мм также выполнены из нержавеющей стали. Для питания плазмотрона использован магнетрон типа М-143-1 с выходной регулируемой мощностью в непрерывном режиме до 2 кВт и рабочей частотой $f = (2450 \pm 50) \text{ МГц}$. Защита магнетрона от отраженной волны обеспечивается применением ферритового вентиля ВФВВ2-13, рассчитанного на использование при уровне непрерывной СВЧ мощности до 3 кВт.

Для инициирования СВЧ разряда на торце внутреннего проводника – 4 коаксиальной линии – 3 размещен инициатор 6 в виде разупорядоченной укладки вольфрамовых спиралек.

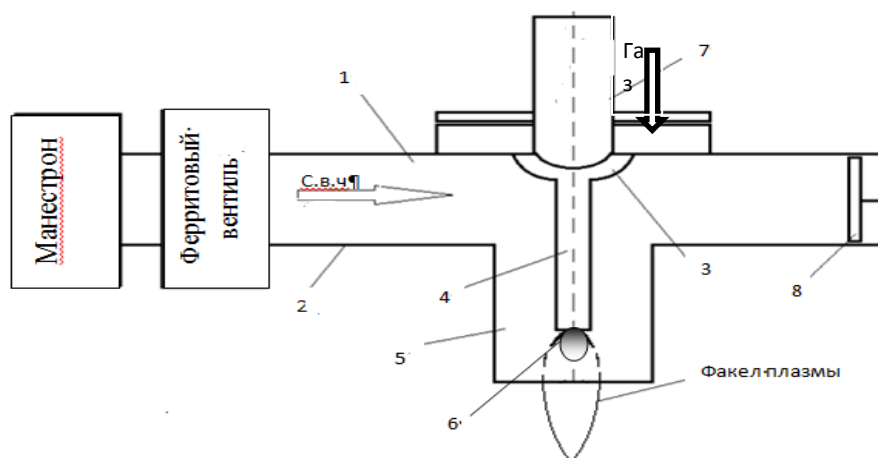


Рис. 1. СВЧ плазмотрон

На начальном этапе работы СВЧ плазмотрона произвели калибровку приборов. Калибровка - это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения пригодности к применению средств измерений.

Затем были произведены измерения параметров согласования и ослабления его волноведущей системы с помощью панорамного измерителя коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) и ослабления Р2-56 в диапазоне частот от 2200 до 4400 МГц. Из

полученных зависимостей при частоте равной 2450МГц, КСВН = 2.8 при согласованной нагрузке,

Для проверки эффективности нашего плазматрона рассчитываем уровень отраженной мощности через коэффициент отражения:

$$|\Gamma| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1} = \frac{2.8 - 1}{2.8 + 1} = 0.474$$

Где $|\Gamma|$ - коэффициент отражения

ρ - Коэффициент стоячей волны (КСВН)

Найдем значение уровня отраженной мощности:

$$P_{\text{отраж}} = 100\% * |\Gamma|^2 = 100\% * 0,474^2 = 22,46\%$$

Рассчитываем затухание СВЧ волны для нержавеющей волновода:

$$\lambda_{10} = \frac{\sqrt{\frac{\omega \varepsilon_0}{2 \sigma_{\text{ст}}}}}{b \sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{4a^2}}} * \left[1 + 2 \frac{b}{a} \left(\frac{\lambda}{2a} \right)^2 \right] = 0.09263 \left(\frac{\text{дБ}}{\text{м}} \right)$$

СВЧ плазмотрон волноводного типа на основе волноводно – коаксиальным переходом (в.к.п.). предоставлен на рис. 2 (а,б).



а.



б.

Рис. 2. СВЧ плазмотрон волноводного типа на основе волноводно – коаксиальным переходом (в.к.п.).

СВЧ плазмотрон работает следующим образом. Через запредельный трубопровод волновод – 6, полый внутренний проводник – 5 коаксиальной линии – 3 и газопроницаемый инициатор разряда в разрядную камеру подается плазмообразующий газ (метан) с расходом до 20 литров в минуту, а по волноводу – 1 и коаксиальной линии – 3 подается СВЧ энергия от генератора СВЧ. Коаксиальная линия – 3 с укороченным внутренним проводником – 4 переходит в своем продолжении в круглый волновод, являющийся внешним проводником – 5 коаксиальной линии. За счет создания критического режима электромагнитной волны в круглом волноводе при рабочей длине волны генератора $\lambda_0 = 12,24$ см в зоне торца внутреннего проводника – 4 коаксиальной линии – 3 увеличивается напряженность электрической составляющей поля и зажигается СВЧ разряд атмосферного давления. В плазме СВЧ разряда производится конверсия газа (метана) на углерод и водород. (При $P_{\text{ген}} =$ до $1 \text{ м}^3/\text{час}$ метана, степень конверсии 80% получаем 400гр углерода(C) и $1,6 \text{ м}^3$ водорода(H_2)).

Заключение

1 Представлен СВЧ плазмотрон, работающий при атмосферном давлении. Мощность используемого магнетрона 1,5 кВт, а его рабочая частота 2450 МГц.

2. Для инициации и поддержания СВЧ разряда используются вольфрамовые спиральки

3. Исследованы электродинамические характеристики волноводно-коаксиального перехода: Коэффициент стоячей волны по напряжению равен 2.8; а уровня отраженной мощности 22,46%, эти значения приемлемы для данного типа плазмотрона.

Список информационных источников

1. Техника и приборы СВЧ. Том 1 / И.В. Лебедев, 1970.
2. Альтшулер В.С. Термодинамика процессов получения газов заданного состава из горючих ископаемых. – М.: Изд-во «Наука», 1969. – 256 с.
3. Жерлицин А.Г., Шиян В.П., Косицин В.С., Медведев Ю.В., Галанов С.И., Сидорова О.И. Плазмохимическая конверсия природного газа в СВЧ реакторе // Известия Вузов. Физика. – 2010. – № 10-2. – С. 270–274
4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высш. Шк., 1988. – 432 с.: ил.
5. Устройство для получения углерода и водорода из углеводородного газа: пат. 2390493 Российская Федерация. № 2008144433/15; опубл. 27.05.2010.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА В ОРГАНИЗАЦИИ

Елисеева Е. Ю.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Янушевская М. Н., ст. преподаватель
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Как известно, главная цель бизнеса – это получение прибыли. Для увеличения прибыли компании стремятся сократить затраты, используя различные способы ведения бизнеса. Сегодня существует множество методов и подходов к совершенствованию деятельности предприятия. Их стараются сделать более простыми и универсальными, удобными для применения в любой отрасли. В связи с этим возникает ряд проблем при внедрении и использовании этих методов и подходов в организации.

Процессный подход является одним из инструментов совершенствования бизнеса, позволяющий по новому посмотреть на